

Nombre y apellidos: _____



1. Un rayo de luz viaja desde el **diamante**, con un **índice de refracción** de 2,43, al aire de **índice** 1.
¿A partir de qué **ángulo de incidencia** se produce la **reflexión interna total**? $\theta = 24,3^\circ$ (1 pt.)
2. Un **espejo cóncavo** tiene 30 cm de **radio**. Un objeto de 4 cm se coloca a 20 cm del espejo:
 - a. Dibuja el **diagrama de rayos** que se corresponda con los datos. (0,5 pt.)
 - b. Calcula la **posición, tamaño y características** de la imagen. (1,5 pt.)
 $s' = -60 \text{ cm}$, $y' = -12 \text{ cm}$, Imagen real, aumentada e invertida
3. Mediante una **lente delgada** de **distancia focal** $f' = 15 \text{ cm}$ se quiere obtener una imagen **derecha** y de **tamaño triple** que el objeto. Calcula la **posición** donde debe colocarse el **objeto** y la **posición** de la **imagen**. ¿La imagen es **real** o **virtual**? ¿La lente es **convergente** o **divergente**? (2 pt.)
 $s = -10 \text{ cm}$, **convergente**, $s' = -30 \text{ cm}$ (imagen virtual)
4. Un sistema óptico está formado por **dos lentes convergentes** iguales de 20 cm de **distancia focal** situadas con una separación de 70 cm. Se coloca un objeto de 3 cm de **altura** a 30 cm de la primera lente. Calcula la **posición, tamaño y características** de la **imagen final** y también el **aumento lateral total** del sistema óptico. NOTA: NO HACE FALTA DIBUJAR EL DIAGRAMA DE RAYOS (2,5 pt.)
 $s_2' = -20 \text{ cm}$, $y'' = -12 \text{ cm}$, $A = -4$, La imagen final es virtual, invertida y aumentada (-4x)

💡 **CUESTIONES JUSTIFICADAS:**

- I. En una **lente divergente**, la **imagen** que se forma de un objeto situado **en el punto focal (F)** es:
 - a) **Virtual derecha** y de **mayor** tamaño que el objeto.
 - b) **Virtual derecha** y de **igual** tamaño que el objeto.
 - c) **Virtual derecha** y de **menor** tamaño que el objeto.Justifícalo con el diagrama de rayos. (0,5 pt.)
- II. Cuando se observa el lecho de un río en dirección casi perpendicular, la **profundidad aparente** de un objeto que se encuentra a una profundidad real h es?
 - a) **La misma.**
 - b) $(3 \cdot h)/4$ es decir, **menor que la profundidad real.**
 - c) $(4 \cdot h)/3$ es decir, **mayor que la profundidad real.**Justifícalo haciendo el cálculo. Datos: $n_{\text{agua}} = 4/3$, $n_{\text{aire}} = 1$ (1 pt.)



Jocelyn Bell Burnell
(Astrofísica)

- III. La astrofísica *Jocelyn Bell Burnell* es **hipermétrope** y necesita una lente correctora de +3 dioptrías para ver objetos situados a 25 cm de sus ojos.
¿Cuál es el **punto próximo** para sus ojos sin la lente correctora? :
 - a) -100 cm
 - b) -50 cm
 - c) **Infinito**(1 pt.)

COMPLEMENTARIO. LABORATORIO: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE UN MEDIO

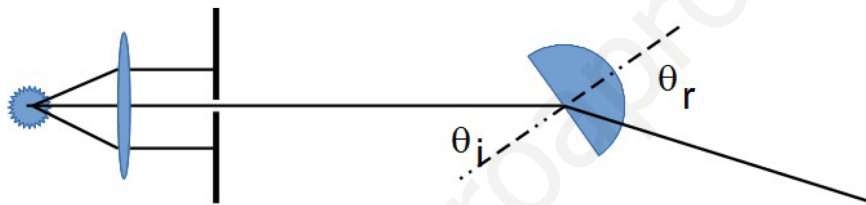
Al tomar datos con diferentes inclinaciones de los rayos de luz en una lente semicircular suspendida en el aire (índice $n = 1$) se obtiene la siguiente tabla de datos para los ángulos (en grados) **incidentes y refractados**:

θ_i (°)	θ_r (°)
30	19
45	28
60	35
80	42

- Describe brevemente (2 o 3 líneas) cómo realizarías el **montaje**. (0,25 pt.)
- Determina el **índice de refracción (media aritmética)** de la lente y estima su **incertidumbre (pseudodesviación típica)**. Usa 2 decimales de precisión. (1 pt.)

$$\bar{n} \pm \sigma = 1,51 \pm 0,03 \quad \text{o bien} \quad 1,505 \pm 0,029$$

a) Se necesita una fuente de rayos de luz paralelos, un láser unidireccional o bien una bombilla situada en el punto focal de una lente convergente; usaremos un transportador de ángulos o un disco de Hartle para medir diferentes ángulos de incidencia y refracción. Para variar los ángulos, o bien giramos la fuente de luz o bien giramos el medio (normalmente un vidrio) sobre el disco de Hartle.



Para calcular el índice de refracción utilizaremos la ley de Snell.

$$n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}$$

$n_1 = 1$ (índice del aire), $n_2 = n$ es el índice que queremos calcular: $n = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r}$

Completamos la tabla:

θ_i	θ_r	$n = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r}$	Desviación absoluta $\Delta n_i = n_i - \bar{n} $
30	19	1,54	0,03
45	28	1,50	0,01
60	35	1,51	0,00
80	42	1,47	0,04

Media $\bar{n} = \frac{1,54 + 1,50 + 1,51 + 1,47}{4} \approx 1,505 \approx 1,51$

Incertidumbre (pseudodesviación típica)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4-1} \cdot (0,03^2 + 0,01^2 + 0,00^2 + 0,04^2)} \approx 0,029439 \approx 0,029 \approx 0,03$$

El índice de refracción es $\begin{cases} \bar{n} \pm \sigma = 1,51 \pm 0,03 & \text{o bien} \\ \bar{n} \pm \sigma = 1,505 \pm 0,029 \end{cases}$

1. Un rayo de luz viaja desde el **diamante**, con un **índice de refracción** de 2,43, al aire de **índice** 1.
¿A partir de qué **ángulo de incidencia** se produce la **reflexión interna total**? (1 pt.)

Aplico la ley de Snell al caso límite $\hat{r} = 90^\circ$. Llamamos $\ell = \hat{i}$ (límite)

$$n_1 \cdot \sin \ell = n_2 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \ell = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \ell = \arcsin \frac{n_2}{n_1} = \arcsin \frac{1}{2,43}$$

Ángulo límite $\nearrow$

$$\ell = \sin^{-1}\left(\frac{1}{2,43}\right) \approx 24.300520, \quad \ell = 24,3^\circ$$

2. Un **espejo cóncavo** tiene 30 cm de **radio**. Un objeto de 4 cm se coloca a 20 cm del espejo:

- Dibuja el **diagrama de rayos** que se corresponda con los datos. (0,5 pt.)
- Calcula la **posición, tamaño y características** de la imagen. (1,5 pt.)

Datos: $y = 4 \text{ cm}$, $s = -20 \text{ cm}$, $R = -30 \text{ cm} \Rightarrow f = \frac{R}{2} = -15 \text{ cm}$

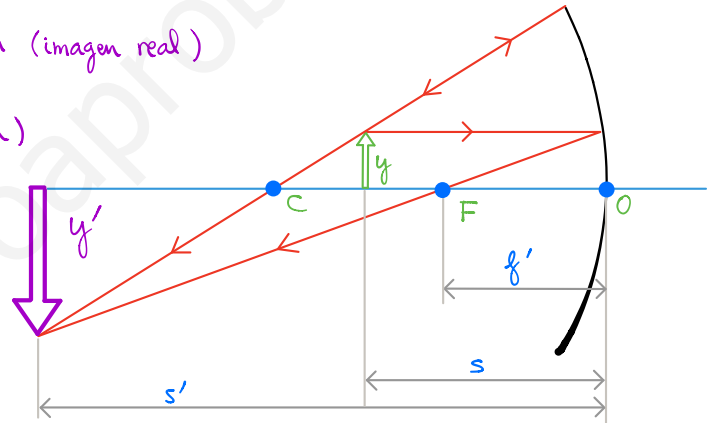
$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{-60} + \frac{1}{-20} = \frac{1}{-15} \Rightarrow s' = -60 \text{ cm (imagen real)}$$

$$A = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} = -\frac{-60 \text{ cm}}{-20 \text{ cm}} = -3 \text{ (aumentada e invertida)}$$

$$y' = A \cdot y = -3 \cdot 4 \text{ cm} = -12 \text{ cm}$$

Espejo Cóncavo: Objeto situado entre C y F.

Imagen real, aumentada e invertida: $R < 0$, $f' < 0$



3. Mediante una **lente delgada** de **distancia focal** $f' = 15 \text{ cm}$ se quiere obtener una imagen **derecha** y de **tamaño triple** que el objeto. Calcula la **posición** donde debe colocarse el **objeto** y la **posición** de la **imagen**. ¿La imagen es **real** o **virtual**? ¿La lente es **convergente** o **divergente**? (2 pt.)

$$A = 3 \text{ (triple y derecha)} \quad A = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Rightarrow 3 = \frac{s'}{s} \Rightarrow s' = 3s$$

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{3s} - \frac{1}{s} = \frac{1}{15} \Rightarrow \frac{s - 3s}{3s^2} = \frac{1}{15} \Rightarrow \frac{-2}{3s} = \frac{1}{15} \Rightarrow s = \frac{-2 \cdot 15}{3} \Rightarrow s = -10 \text{ cm}$$

$$\text{Luego } s' = 3s = -30 \text{ cm (imagen virtual)}$$

La focal es positiva, así que la lente es **convergente**.

4. Un sistema óptico está formado por **dos lentes convergentes** iguales de 20 cm de **distancia focal** situadas con una separación de 70 cm . Se coloca un objeto de 3 cm de **altura** a 30 cm de la primera lente. Calcula la **posición, tamaño y características** de la **imagen final** y también el **aumento lateral total** del sistema óptico. NOTA: NO HACE FALTA DIBUJAR EL DIAGRAMA DE RAYOS (2,5 pt.)

Datos: $f' = 20 \text{ cm}$, $y = 3 \text{ cm}$, $s_1 = -30 \text{ cm}$

$$\frac{1}{s'_1} - \frac{1}{s_1} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{60} - \frac{1}{-30} = \frac{1}{20} \Rightarrow s'_1 = 60 \text{ cm} \text{ (imagen real)}$$

$s_2 = 70 \text{ cm} - 60 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$. La imagen está 10 cm a la izquierda de la segunda lente.

La imagen y' es el objeto de la segunda lente, luego $s_2 = -10 \text{ cm}$

$$\frac{1}{s'_2} - \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{-20} - \frac{1}{-10} = \frac{1}{20} \Rightarrow s'_2 = -20 \text{ cm}. \text{ La imagen final } y'' \text{ está } 10 \text{ cm a la izquierda de la segunda lente.}$$

$$\text{Calculamos el aumento lateral: } A_1 = \frac{y'}{y} = \frac{s'_1}{s_1} = \frac{60 \text{ cm}}{-30 \text{ cm}} = -2 \Rightarrow A_2 = \frac{y''}{y'} = \frac{s'_2}{s_2} = \frac{-20 \text{ cm}}{-10 \text{ cm}} = 2$$

$$\text{Calculamos el tamaño: } y' = A_1 \cdot y = -2 \cdot 3 \text{ cm} = -6 \text{ cm} \Rightarrow y'' = A_2 \cdot y' = 2 \cdot (-6 \text{ cm}) = -12 \text{ cm}$$

$$\text{El aumento lateral total: } A = A_1 \cdot A_2 = -2 \cdot 2 = -4, A = \frac{y''}{y} \Rightarrow y'' = A \cdot y = (-4) \cdot 3 \text{ cm} = -12 \text{ cm}$$

La imagen final es **virtual, invertida y aumentada** ($-4\times$)

💡 CUESTIONES JUSTIFICADAS:

- I. En una **lente divergente**, la **imagen** que se forma de un objeto situado **en el punto focal (F)** es:

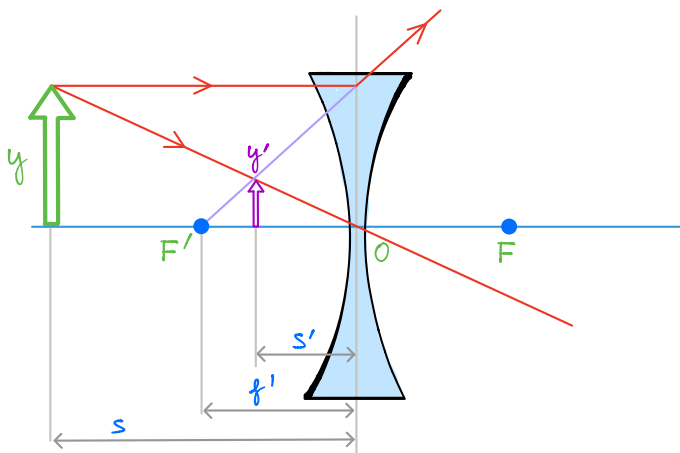
- a) **Virtual derecha** y de **mayor** tamaño que el objeto.
- b) **Virtual derecha** y de **igual** tamaño que el objeto.
- c) **Virtual derecha** y de **menor** tamaño que el objeto.

Justifícalo con el diagrama de rayos.



(0,5 pt.)

La imagen es virtual, derecha y reducida, independientemente de la distancia del objeto a la lente. La opción c) es verdadera.



II. Cuando se observa el lecho de un río en dirección casi perpendicular, la **profundidad aparente** de un objeto que se encuentra a una profundidad real h es?

- a) La misma.
- b) $(3 \cdot h)/4$ es decir, **menor que la profundidad real**.
- c) $(4 \cdot h)/3$ es decir, **mayor que la profundidad real**.

Justifícalo haciendo el cálculo. Datos: $n_{\text{agua}} = 4/3$, $n_{\text{aire}} = 1$

(1 pt.)

$$\frac{n_2}{s'} - \frac{n_1}{s} = 0 \Rightarrow \boxed{\frac{n_2}{s'} = \frac{n_1}{s}}, s' \equiv \text{profundidad aparente}$$

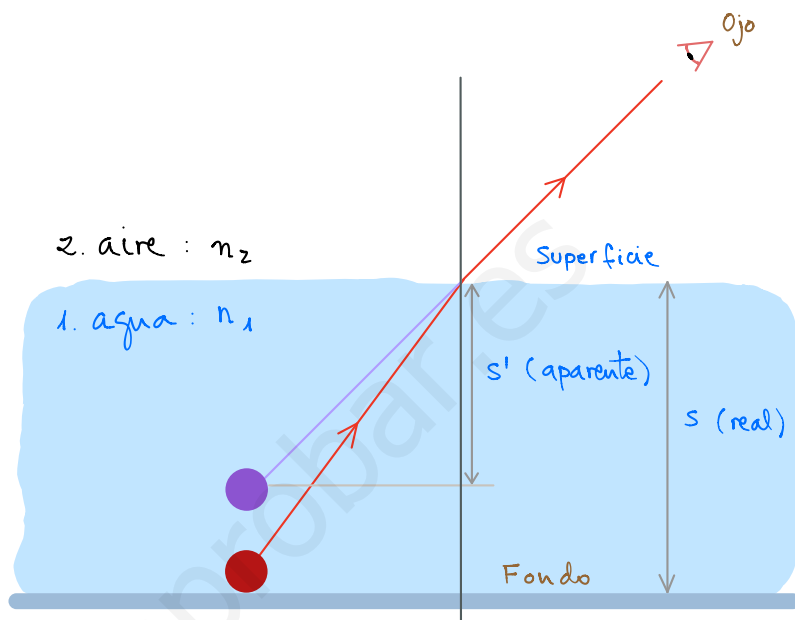
$$\frac{n_{\text{aire}}}{s'} = \frac{n_{\text{agua}}}{s} \quad \left. \begin{array}{l} n_1 = n_{\text{agua}} \\ n_2 = n_{\text{aire}} \end{array} \right\}$$

$$n_{\text{aire}} = 1, n_{\text{agua}} = \frac{4}{3},$$

$$s = h \text{ (profundidad real)}$$

$$s' = \frac{n_{\text{aire}}}{n_{\text{agua}}} \cdot s = \frac{1}{4/3} \cdot h = \frac{3}{4} \cdot h$$

La opción b) es verdadera.



Jocelyn Bell Burnell
(Astrofísica)

III. La astrofísica *Jocelyn Bell Burnell* es **hipermétrope** y necesita una lente correctora de $+3$ dioptrías para ver objetos situados a 25 cm de sus ojos.

¿Cuál es el **punto próximo** para sus ojos sin la lente correctora? :

- a) -100 cm
- b) -50 cm
- c) **Infinito**

(1 pt.)

Punto próximo: es el punto donde el ojo es capaz de ver un objeto con nitidez.

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f} = P \\ s = -25 \text{ cm} = -0,25 \text{ m} \end{array} \right\} \frac{1}{-1} - \frac{1}{-0,25} = 3\text{D} \quad (\text{lente convergente de } P = 3\text{D})$$

$$s' = -1 \text{ m} = -100 \text{ cm} \text{ (punto próximo del ojo hipermetrope).}$$

La opción a) es verdadera.